



Technische
Universität
Dresden

Measures to improve the fire resistance of carbon-reinforced concrete

Maßnahmen zur Erhöhung des Feuerwiderstands von Carbonbeton

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieurin (Dr.-Ing.)

An der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden

eingereichte

Dissertation

vorgelegt von

Olga Benedix (geb. Diring), M.Sc.

Abstract

Concrete components with non-metallic reinforcement, especially carbon-reinforced concrete, are of great interest in research and development in the construction industry. Due to the corrosion resistance of its reinforcement material, carbon-reinforced concrete is characterised by a thin concrete cover, resulting in slender and resource-efficient structures with increased durability. The resulting reduction in energy and resource consumption as well as CO₂ emissions contributes to an environmentally friendly construction process.

In the event of a fire, carbon-reinforced concrete is particularly disadvantaged precisely because of its slenderness. Thin concrete layers heat up quickly, which can lead to explosive spalling of the concrete. Furthermore, the polymer-based impregnation of the carbon reinforcement softens, melts, and decomposes, leading to a decrease in bond strength and tensile strength of the composite material.

For widespread practical application of carbon-reinforced concrete, a high fire resistance is essential. This work aims to improve the fire behaviour of carbon-reinforced concrete through the precise use of flame retardants. Therefore, the components of carbon-reinforced concrete, high-strength concrete and a polymer-based impregnation for carbon reinforcement, were modified with suitable fire retardants and examined separately. Spalling of the concrete was investigated on two high-strength concretes widely used for carbon-reinforced concrete and prevented by the addition of short polypropylene fibres. Particular emphasis was placed on maintaining good processability of the concrete to preserve its laminating and casting ability. To improve the temperature stability of the polymer impregnation, an additive was developed and its effect investigated in small-scale pyrolysis tests. The developed additive consists of hybrid core-shell particles of two geometries with the flame-retardant functionalities of nitrogen and phosphorus.

Kurzfassung

Betonbauteile mit nichtmetallischer Bewehrung, insbesondere Carbonbeton, sind von großem Interesse im Bereich Forschung und Entwicklung im Bauwesen. Aufgrund der Korrosionsbeständigkeit seines Bewehrungsmaterials zeichnet sich Carbonbeton durch eine dünne Betondeckung aus, was zu schlanken und ressourcenschonenden Bauwerken mit erhöhter Lebensdauer führt. Der daraus resultierende reduzierte Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß tragen zu einer umweltfreundlicheren Bauweise bei.

Im Brandfall verhält sich Carbonbeton gerade aufgrund seiner Schlankheit besonders nachteilig. Dünne Betonschichten heizen sich schnell auf, was zu explosionsartigen Abplatzungen des Betons führen kann. Zudem erweicht, schmilzt und zersetzt sich die kunststoffbasierte Tränkung der Carbonbewehrung, was einen Abfall der Verbund- und Zugfestigkeit des Kompositmaterials bewirkt.

Für die breite praktische Anwendung von Carbonbeton ist ein hoher Feuerwiderstand unerlässlich. Die vorliegende Arbeit zielt darauf ab, das Brandverhalten von Carbonbeton durch den gezielten Einsatz von Flammenschutzmitteln zu verbessern. Dabei wurden die beiden Komponenten von Carbonbeton, ein hochfester Beton und eine kunststoffgetränkte Carbonbewehrung, separat betrachtet und modifiziert. Betonabplatzungen wurden an zwei vielfach für Carbonbeton verwendeten hochfesten Betonen untersucht und durch den Zusatz von Kurzfasern aus Polypropylen verhindert. Dabei wurde besonders Wert auf die Erhaltung einer guten Verarbeitbarkeit des Betons gelegt, um die Laminier- und Gießfähigkeit zu erhalten. Zur Verbesserung der Temperaturstabilität der Kunststofftränkung wurde ein Additiv entwickelt und seine Wirkung in kleinskaligen Brandversuchen untersucht. Es handelt sich hierbei um hybride Kern-Schale-Partikel zweier Geometrien mit den flammhemmenden Funktionalitäten Stickstoff und Phosphor.